

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平5-195022

(43) 公開日 平成5年(1993)8月3日

| (51) Int.Cl. <sup>5</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号    | F I | 技術表示箇所 |
|---------------------------|------|-----------|-----|--------|
| B 2 2 F                   | 7/08 | A         |     |        |
|                           | 3/00 | D         |     |        |
|                           | 3/02 | L         |     |        |
| H 0 1 F                   | 1/08 | B 7371-5E |     |        |

審査請求 未請求 請求項の数13(全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平4-279792

(22) 出願日 平成4年(1992)10月19日

(31) 優先権主張番号 特願平3-269864

(32) 優先日 平3(1991)10月18日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

(72) 発明者 瀬山 喜彦

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72) 発明者 清水 豊

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

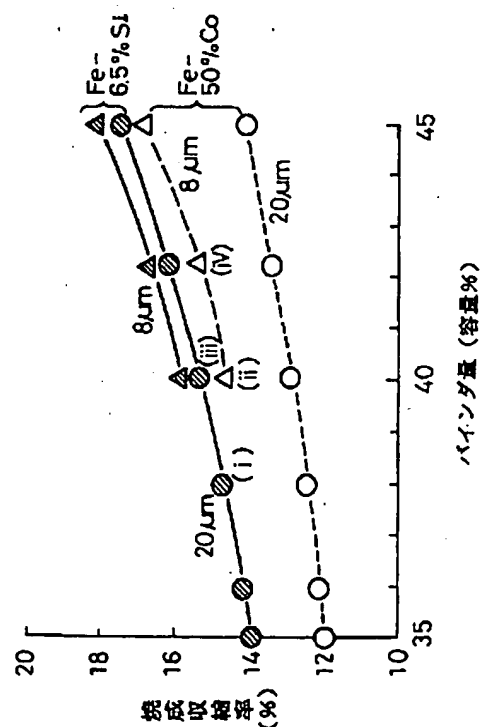
(74) 代理人 弁理士 青木 朗 (外2名)

(54) 【発明の名称】 焼結体の製造方法およびマグネットベース

(57) 【要約】

【目的】 射出成形焼結法による焼結体の製造において、製造収率の向上とコスト低減を目的とする。

【構成】 射出成形用金型に別に形成した第1の成形体を挿入し、この金型内で前記第1の成形体と同種もしくは異種の材料からなる原料粉体を射出成形して前記第1の成形体と一体化された第2の成形体を形成し、前記第2の成形体を脱脂し、次いで焼結することを含み、前記第2の成形体において前記第1の成形体部分と第2の成形体の形成に際して成形された部分との焼結時の収縮率の差を5%以下とする。また、コア部分またはコアを含む周辺部分と磁気回路構成部分とを含み、前記コア部分またはコアを含む周辺部分と磁気回路構成部分とが互いに異なる材料からなるかまたは密度の異なる同質の材料からなることを特徴とするマグネットベースを構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 射出成形用金型に別に形成した第1の成形体を挿入し、この金型内で前記第1の成形体と同種のもしくは異種の材料からなる原料粉体を射出成形して前記第1の成形体と一体化された第2の成形体を形成し、前記第2の成形体を脱脂し、次いで焼結することを含み、前記第2の成形体において前記第1の成形体部分と第2の成形体の形成に際して成形された部分との焼結時の収縮率の差を5%以下とすることを特徴とする焼結体の製造方法。

【請求項2】 前記第2の成形体を射出成形するに際して、原料粉体の粒度とバインダ量を調整することにより、前記第1の成形体部分と第2の成形体の形成に際して成形された部分との焼結時の収縮率の差が調節される請求項1記載の方法。

【請求項3】 前記第1の成形体が圧粉成形により得られた成形体である請求項1または2記載の方法。

【請求項4】 前記圧粉成形による成形体が、前記射出成形用金型内の前記第2の成形体の突起部または肉圧部に対応する位置に配置される請求項3記載の方法。

【請求項5】 前記第1の成形体がグリーンシート成形により得られた成形体である請求項1または2記載の焼結体の製造方法。

【請求項6】 前記グリーンシート成形による成形体が、前記射出成形用金型内の前記第2の成形体の肉薄部に対応する位置に配置される請求項5記載の方法。

【請求項7】 前記焼結時の収縮率の差が2%以下である請求項1～6のいずれかに記載の方法。

【請求項8】 第1の射出成形用金型に別に形成した第1の成形体を挿入し、この金型内で前記第1の成形体と異種の材料を射出成形して前記第1の成形体と一体化された第2の成形体を形成し、前記第2の成形体を第2の射出成形用金型に挿入し、この第2の金型内で前記第1および第2の成形体と異種の材料を射出成形して第3の成形体を形成し、必要に応じてこの操作を繰り返すことにより段階的に徐々に変化する組成をもつ成形体を形成し、これにより得られた成形体を脱脂し、焼結することを中心とする焼結体の製造方法。

【請求項9】 コア部分またはコアを含む周辺部分と磁気回路構成部分とを含み、前記コア部分またはコアを含む周辺部分と磁気回路構成部分とが互いに異なる材料からなるかまたは密度の異なる同質の材料からなることを特徴とするマグネットベース。

【請求項10】 コア部分またはコアを含む周辺部分がFe-50%Co合金からなり、磁気回路構成部分がFe-Si合金からなる請求項9記載のマグネットベース。

【請求項11】 コア部分またはコアを含む周辺部分がFe-6.5%Si合金からなり、磁気回路構成部分がFeまたはFe-0～3%Si合金からなる請求項9記載

のマグネットベース。

【請求項12】 コア部分またはコアを含む周辺部分の焼結密度が90%以上であり、磁気回路構成部分の焼結密度が80～90%である請求項9記載のマグネットベース。

【請求項13】 さらに異なる材料部分を含み、各部分の境界において段階的または連続的に変化する組成を有する請求項9～13のいずれかに記載のマグネットベース。

## 10 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は射出成形焼結法(Metal Injection Molding 略称MIM法)を用いて異種あるいは同種の材料から形成される複合焼結体の製造方法に関する。

【0002】 金属を用いて寸法精度の良い成形体を得るには切削加工によるのが通例であるが、材質が硬く、また脆くて旋盤加工が難しい成形品がある。例えば、鉄・硅素(Fe-Si)合金や鉄・コバルト(Fe-Co)合金よりなる軟質磁性材料を用いて形成されるマグネット・ベースやモータのヨークなどがこれに当たり、材質が硬くて脆いために切削加工では製造収率が低く実用的ではない。

【0003】 ここで、金属粉末を有機バインダと混合した後に必要とする形状に射出成形して炉中に置き、徐々に昇温して有機バインダを分解させて脱バインダし、この脱バインダ体を昇温して焼結する射出成形法(MIM法)がある。この方法は、上記のような材料の加工に適しており、複雑な形状のものにも適用でき、収率が高いという特徴をもっている。なお、MIM法を用いて作られる金属部品の中にはその用途により材質が単一でなく、部分的に異なっている場合の方が特性面あるいはコスト面から好ましい場合が多い。

【0004】 例えば、プリンタにおいて使用するワイヤドットプリンタ用のマグネットベースにおいては、コイルを捲回して電流を通じ、磁束を発生させるコア部分と磁束路を形成するヨーク部分とを必ずしも同一の磁性材料を用いて形成する必要はなく、特性面およびコストの面からむしろ異種の磁性材料を使用して形成することが望ましい。

【0005】 次に、MIM法を用いて突起部または肉厚部のある焼結体を形成する際には、突起部においては変形が、また肉厚部においては亀裂や膨れが生じ易く、かかる場合は突起部または肉厚部を圧粉成形体で予め形成して型に入れておき、これにMIM法を適用すれば歩留りがよく焼結体を製造することができる。本発明はかかる複合焼結体の製造方法に関するものである。

【0006】

【従来の技術】 射出成形体の焼結工程は、材料の混練、射出成形、脱バインダおよび焼結の4工程から構成され

ている。ここで、混練は原料の平均粒径が $10\mu\text{m}$ 以下の金属粉末と、パラフィンワックスなどの有機バインダとをよく混練するものであり、次いで $1\text{ton}/\text{cm}^2$ 程度の圧力を加えて射出成形を行って成形体が形成される。次に、アルゴン(Ar)や窒素( $\text{N}_2$ )などの非酸化性雰囲気中で $400^\circ\text{C}$ 程度まで加熱し、バインダを蒸発気化させる脱バインダ処理を行い、その後高温にまで加熱して焼結させることにより焼結体が形成されるのである。

【0007】ここで、電子機器に使用される部品においては、用途や形状によって単一の材料から構成されるよりも部分的に異種の材料よりなるものの方が適する場合がある。かかる用途に対しては、従来、MIM法により個々に作製した後、ネジ止め、螺付け、拡散接合などの方法で接合して部品が作られていた。しかし、このような方法を適用するには、接合部の形状や材質が限られており、一般に接合強度が弱く、また工数が増えるために製造コストが上昇するなどの問題があった。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】成形体の厚さが一様でなく、肉厚部、突起部、肉薄部などを伴う焼結体を、射出成形法で成形し、これを焼結して製造するためには、従来の方法ではクラックや変形が生じ易く、製造収率が低いという問題がある。そこで、この収率を向上させることが課題である。

【0009】また、異種の材料にMIM法を適用して複合焼結体を形成することが望ましいが、この際には接合部にクラックを生じないことが必要であり、かかる問題を解決することが課題である。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明は、射出成形用金型に別に形成した第1の成形体を挿入し、この金型内で前記第1の成形体と同種のもしくは異種の材料からなる原料粉末を射出成形して前記第1の成形体と一体化された第2の成形体を形成し、前記第2の成形体を脱脂し、次いで焼結することを含み、前記第2の成形体において前記第1の形成体部分と第2の成形体の形成に際して成形された部分との焼結時の収縮率の差を5%以下、好ましくは2%以下とすることを特徴とする焼結体の製造方法を提供する。

【0011】本発明は、また、コア部分またはコアを含む周辺部分と磁気回路構成部分とを含み、前記コア部分またはコアを含む周辺部分と磁気回路構成部分とが互いに異なる材料からなるかまたは密度の異なる同質の材料からなることを特徴とするマグネットベースを提供する。

【0012】

【作用】従来、MIM法を用いて焼結体を製造する場合に、肉厚部、突起部、肉薄部などが存在すると、焼結工程において、肉厚部においてはクラックや膨れが、また突起部では変形が生じ易く、一方肉薄部では成形不良が

生じ易いために製造収率が著しく低いという問題があった。そこで、本発明は、金型の肉厚部と突起部の位置には予め別に形成した圧粉成形体を挿入しておき、あるいは肉薄部には予め別に形成したグリーンシート成形体を挿入しておき、この状態でMIMを行うものである。

【0013】すなわち、クラックや膨れは、脱バインダ処理においても十分にバインダが除去されておらず、突発的な分解が生じることに起因するものであるから、肉厚部と突起部にバインダの使用量が射出成形体に比べて非常に少ない圧粉成形体を用いることにより解決することができる。また、変形は、バインダの軟化によって形状が保てなくなることが原因であるから、バインダの添加量が少なく、粉末同士の結合力の大きい圧粉成形体を使用することにより解決することができる。更に、肉薄部の成形不良は、肉薄部に射出成形体が十分に充填されないのが原因であるから、金型の肉薄部にはグリーンシート成形体を挿入しておいて射出成形を行うことにより解決することができる。

【0014】なお、金型の一部に圧粉成形体或いはグリーンシート成形体を挿入して射出成形を行う場合、その接合が問題となるが、 $1\text{ton}/\text{cm}^2$ 程度の圧力を加えて射出成形を行うことにより、両者の接合状態は完全となり、問題となることはない。

【0015】次に、異種材料を用いて2工程の射出成形を行い、この成形体を脱脂した後に焼結して焼結体を製作する場合の問題点は、材料によって焼結収縮率が違うことであり、これが原因で焼結体の接合部にクラックを生ずる。そこで、両者の焼結収縮率を合わせることが必要であり、本発明においては、(1) 粉体の平均粒径とバインダの量を調整する、(2) 成形体を傾斜組成をもたせて形成する、の何れかの方法によりクラックの発生を防止する。

【0016】以下に、例として、飽和磁束密度の値が非常に大きいFe-50%Co合金と純鉄の磁性を改良して透磁率を大きくしたFe-6.5%Si合金の場合について説明する。図1は、この2種類の磁性体の平均粒径が $8\mu\text{m}$ と $20\mu\text{m}$ のものを言い、バインダの含有量を35~45容量%に変えて射出成形を行い、この成形体を最高温度を $435^\circ\text{C}$ として脱バインダを行った後、 $\text{H}_2$ 気流中で $1400^\circ\text{C}$ で1時間の焼結を行った場合の焼結収縮率の変化を示すものである。同図より、Fe-6.5%Si合金は、Fe-50%Co合金よりも焼結収縮率が大きく、また粒径の点では平均粒径が小さいものの方が焼結収縮率が大きいことが判る。

【0017】しかし、本発明においては両者の焼結収縮率を一致させる方法として両者の焼結収縮率が近似している材料を選ぶ。例えば、バインダ量を38容量%とした平均粒径が $20\mu\text{m}$ のFe-6.5%Si合金(1)とバインダ量を40容量%とした平均粒径が $8\mu\text{m}$ のFe-50%Co合金(11)を原料として射出成形を行

って複合体を形成し、焼結を行えば、両者の焼結収縮率は14.5%と一致するためにクラックの発生を無くすることができる。また、同様なことは、バインダ量を40容量%とした平均粒径が20 $\mu$ mのFe-6.5%Si合金(111)とバインダ量を42容量%とした平均粒径が8 $\mu$ mのFe-50%Co合金(1v)を原料として射出成形を行って複合体を形成して焼結を行うと、両者の焼結収縮率は15.5%と一致するためにクラックの発生を無くすることができる。なお、実際には、収縮率の差を完全に一致させる必要はなく、5%以下、望ましくは2%以下とする。後述の実施例で詳細を記すが、5%以上ではクラックがほぼ100%発生し、また2%以下でクラックの発生をほぼ100%防止できる。

【0018】次に、傾斜組成を用いる方法としては、いま仮にFe-50%Co合金をAで示し、Fe-6.5%Si合金をBで示すと、この場合はAとBを直接に接合させるのではなく、  
100%A/75%A+25%B/50%A+50%B/25%A+75%B/100%B

のように組成に傾斜をもたせ、複数回(この場合5回)に亘って射出成形を行い、この成形体を脱バインダした後、焼結すれば、焼結収縮率が少しづつずれた焼結体を得られるためにクラックの発生を無くすることができる。なお、この方法をとると、この利点は構成原子の拡散によるカーケンダルポイドの発生や界面での応力の発生を抑制でき、高い接合強度を保護することが可能である。

【0019】

【実施例】以下、実施例により、本発明をさらに説明する。

【0020】実施例1：(圧粉成形体の使用例、図2A関連)

平均粒径が20 $\mu$ mのFe-50%Co合金粉末にステアリン酸亜鉛を1重量%混合し、圧粉成形法により直径が5mmで長さが20mmの円筒状の成形体1を作り、これを射出成形用金型に挿入した後、平均粒径が20 $\mu$ mのFe-6.5%Si合金粉末にポリエチレン系バインダを40容量%を混合して射出成形を行い、図2Aに示すように直径が20mmで、厚さが5mmの複合成形体2を形成した。

【0021】そして、この成形体を最高温度を435℃として脱バインダを行った後、H<sub>2</sub>気流中で1400℃で1時間の焼結を行った。焼結体には、クラック、膨れ、変形などの不良発生は認められなかった。

【0022】実施例2：(グリーンシート成形体の使用例、図2B関連)

平均粒径が20 $\mu$ mのFe-50%Co合金粉末100重量部に、バインダとしてポリビニルブチラールを50重量部、可塑剤としてジブチルフタレートを15重量部、溶剤としてメチルエチルケトン400重量部加え、ポ-

ルミルを用いて混練した後、ドクターブレード法により厚さ1mmに展延して大きさが50×50×1mmのグリーンシート3を形成した。このグリーンシート3を射出成形用金型に挿入した後、平均粒径が20 $\mu$ mのFe-6.5%Si合金粉末にポリエチレン系バインダを40容量%を混合して射出成形を行い、図2Bに示すような複合成形体4を形成した。

【0023】そして、この成形体を最高温度を435℃として脱バインダを行った後、H<sub>2</sub>気流中で1400℃で1時間の焼結を行った。焼結体には、クラック、膨れ、変形などの不良発生は認められなかった。

【0024】実施例3：(焼結時の収縮率とクラックの発生との関係)

Fe-50%Co合金とFe-6.5%Si合金の平均粒径およびバインダ量を調整して、焼結時の収縮率を変化させた混練体を作製した。Fe-50%Co合金部分を射出成形した後、これを金型に挿入してFe-6.5%Si合金を射出成形し、図6の成形体を作製した。これを脱脂し、焼結し、Fe-50%Co合金部18とFe-6.5%Si合金部19の焼結時の収縮率を測定し、クラックの発生状況を観察した。

【0025】実施例4：(ワイヤドットプリンタ用マグネットベースの適用例、図3関連)

図5は、釈放型ワイヤドットプリンタの構成を示す断面図であって、マグネットベース5を構成するコア6の部分にはコイル7が捲回されており、電磁石が形成されている。また、マグネットベース5の一端には永久磁石8が設けられており、マグネットベース5を磁束路とすることにより常にアーマチャ9を吸引しており、コイル7に通電して逆方向の磁界を発生させることによりアーマチャ9の吸引がとれ、これによりワイヤ10が突出して印字が行われる。

【0026】ここで、従来は、マグネットベース5の総てがFe-50%Co合金よりなる焼結体で形成されていた。しかし、Fe-50%Co合金(比重8.18)の使用はコア6形成部だけでよく、他のマグネットベース部(ヨーク部)は純鉄(比重7.88)またはこの磁気特性を向上したFe-6.5%Si合金(比重7.49)の使用で充分であり、これにより軽量化とコスト低減を行うことができる。

【0027】平均粒径が8 $\mu$ mのFe-50%Co合金粉末と、この40容量%のバインダとを加圧式混練機を用いて混練して混練体を形成した。また、平均粒径が20 $\mu$ mのFe-6.5%Si合金粉末と、この38容量%のバインダとを加圧式混練機を用いて混練して混練体を形成した。ここで、バインダは、ポリエチレンとポリメチルメタクリレート(略称PMMA)を主成分とするポリエチレン系のものである。

【0028】まず、Fe-50%Co合金よりなる混練体を射出成形して図3のコア6の部分の成形体を作り、

これをマグネットベースの射出成形用金型に挿入し、これにFe-6.5%Si合金よりなる混練体を射出成形して複合成形体よりなるマグネットベース12を作製した。これを、最高温度を435℃として脱バインダを行った後、H<sub>2</sub>気流中で1400℃で1時間の焼結を行った。焼結体には、クラック、膨れ、変形などの不良発生は認められなかった。

【0029】次に、このマグネットベースをプリンタに組み込み、印字速度の比較を行ったが、従来の印字速度が110cpsであるのに対し、111cpsであり、同一であった。また、重量は従来のマグネットベースが130gであるのに対して121gに減少し、また、原料粉末の価格は40%低減することができた。

【0030】実施例5：(ワイヤドットプリンタ用マグネットベースへの適用例、図4関連)

平均粒径が共に20μmのFe-50%Co合金粉末とFe-6.5%Si合金粉末をとり、ポリエチレン系バインダの添加量を40容量%として次の5種類の材料を準備した。

- (1) 60容量% (Fe-50%Co合金系) + 40容量% (バインダ)
- (2) 45容量% (Fe-50%Co合金系) + 15容量% (Fe-6.5%Si合金系) + 40容量% (バインダ)
- (3) 30容量% (Fe-50%Co合金系) + 30容量% (Fe-6.5%Si合金系) + 40容量% (バインダ)
- (4) 15容量% (Fe-50%Co合金系) + 45容量% (Fe-6.5%Si合金系) + 40容量% (バインダ)
- (5) 60容量% (Fe-6.5%Si合金系) + 40容量% (バインダ)

そして、それぞれ加圧式混練機を用いて混練して混練体を形成した。

【0031】まず、(1)のFe-50%Co合金よりなる混練体を射出成形して図4のコア6の部分の成形体を作り、これを別のマグネットベースの射出成形用金型に挿入し、次に(2)の混練体を射出成形して1mmの厚さの(2)層13を作り、次いでこの成形体を別のマグネットベースの射出成形用金型に挿入し、(3)の混練体を射出成形して1mmの厚さの(3)層14を作った。同様に、厚さが1mmの(4)層15を形成した後、同様にこの成形体を別のマグネットベースの射出成形用金型に挿入し、(5)の混練体を射出成形してヨーク部16を作り、これによりマグネットベース17を形成した。これを、最高温度を435℃として脱バインダを行った後、H<sub>2</sub>気流中で1400℃で1時間の焼結を行った。焼結体には、クラック、膨れ、変形などの不良発生は認められず、また境界部分を顕微鏡観察した結果、カーケンドルボイドの発生も認められなかった。

【0032】実施例6：(ワイヤドットプリンタ用マグネットベースへの適用例)

実施例4と同様な工程で材料を変えてマグネットベースを形成した。すなわち、コア6形成部の材料をFe-50%Co合金(焼結密度95%)で、またヨークなど、その他の部分の形成材料をFe-50%Co合金(焼結密度86%)で形成した。

【0033】すなわち、まず、平均粒径が8μmのFe-50%Co合金粉末と、この40容量%のバインダとを加圧式混練機を用いて混練して第1の混練体を形成した。また、平均粒径が30μmのFe-50%Co合金粉末と、この38容量%のバインダとを加圧式混練機を用いて混練して第2の混練体を形成した。ここで、バインダはポリエチレンとポリメチルメタクリレート(略称PMMA)を主成分とするポリエチレン系のものである。

【0034】まず、Fe-50%Co合金よりなる第1の混練体を射出成形して図3のコア6の部分の成形体を作り、これをマグネットベースの射出成形用金型に挿入し、これにFe-50%Co合金よりなる混練体を射出成形して複合成形体よりなるマグネットベース12を作製した。これを、最高温度を435℃として脱バインダを行った後、H<sub>2</sub>気流中で1400℃で1時間の焼結を行った。焼結体には、クラック、膨れ、変形などの不良発生は認められなかった。

【0035】次に、このマグネットベースをプリンタに組み込み、これをマグネットベースの総てが平均粒径8μmのFe-50%Co合金よりなる焼結体と印字速度の比較を行ったが、従来の印字速度が110cpsであるのに対し、108cpsであり、ほぼ同一であった。また、重量は、従来のマグネットベースが130gであるのに対して120gに減少し、また、原料粉末の価格は30%低減することができた。

【0036】実施例7：(ワイヤドットプリンタ用マグネットベースの他の適用例)

実施例4と同様な工程で更に材料を変えてマグネットベースを形成した。すなわち、コア6形成部の材料をFe-6.5%Si合金で、またヨークなど、その他の部分の形成材料をFeで形成した。

【0037】すなわち、まず、平均粒径が8μmのFe-6.5%Si合金粉末と、この40容量%のバインダとを加圧式混練機を用いて混練して混練体を形成した。また、平均粒径が20μmのFe粉末と、この38容量%のバインダとを加圧式混練機を用いて混練して混練体を形成した。ここで、バインダをポリエチレンとポリメチルメタクリレート(略称PMMA)を主成分とするポリエチレン系のものである。

【0038】まず、Fe-6.5%Si合金よりなる混練体を射出成形して図3のコア6の部分の成形体を作り、これをマグネットベースの射出成形用金型に挿入し、こ

れにFeよりなる混練体を射出成形して複合成形体よりなるマグネットベース12を作製した。これを、最高温度を435℃として脱バインダを行った後、H<sub>2</sub>気流中で1400℃で1時間の焼結を行った。焼結体には、クラック、膨れ、変形などの不良発生は認められなかった。

【0039】次に、このマグネットベースをプリンタに組み込み、これをマグネットベースの総てがFe-6.5%Si合金よりなる焼結体と印字速度の比較を行ったが、従来の印字速度が70cpsであるのに対し、69cpsであり、同一であった。また、重量は、従来のマグネットベースが119gであるのに対して125gと5%増したが、原料粉末の価格は30%低減することができた。また、Feの部分には穴開け、ネジ切り等の加工が容易であった。

【0040】

【発明の効果】複合成形体を形成して焼結を行う本発明の実施により、軽量化とコスト低減が可能となり、また材料の選択により従来では不可能であった焼結体への穴開け加工なども可能となる。

【図面の簡単な説明】

10

【図1】成形体のバインダ量と焼結収縮率との関係図である。

【図2】実施例1および2の焼結体の斜視図である。

【図3】実施例4を説明する断面図である。

【図4】実施例5を説明する断面図である。

【図5】積放型ワイヤドットプリンタの断面構成図である。

【図6】実施例3の焼結体の斜視図である。

【図7】焼結収縮率の差とクラック発生率の関係図である。

【符号の説明】

1…円筒状の成形体

2, 4…複合成形体

3…グリーンシート

5, 12, 17…マグネットベース

6…コア

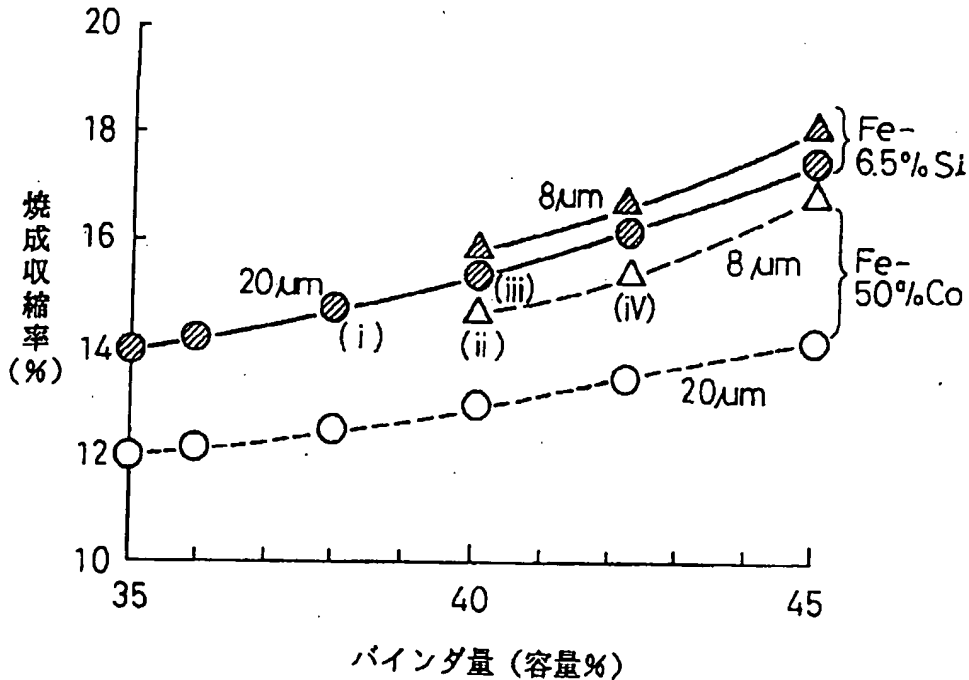
16…ヨーク部

18…Fe-50%Co合金部

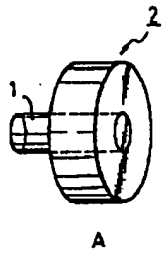
19…Fe-6.5%Si合金部

20

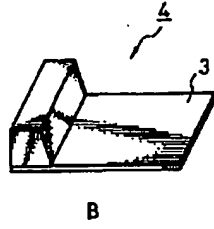
【図1】



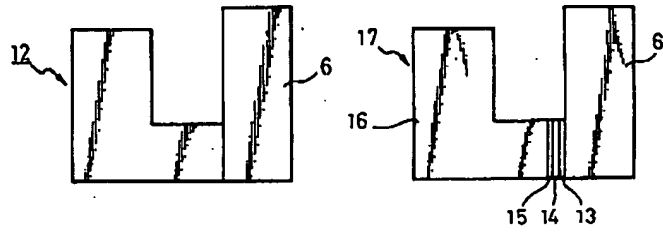
【図2】



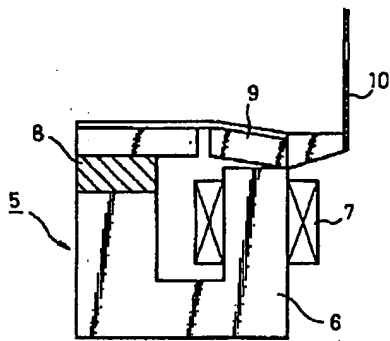
【図3】



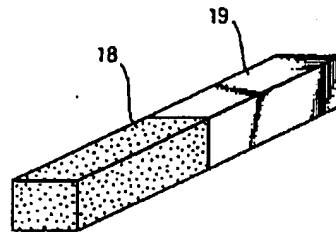
【図4】



【図5】



【図6】



【図7】

